

논문 2009-46TC-9-9

무선 랜 대역을 저지하는 초광대역 대역통과 여파기

(Ultra-Wideband Band-Pass Filter with Notched Wireless-LAN band)

정 승 백*, 양 승 인**

(SeungBack Jung and Seung-In Yang)

요 약

본 논문에서는 대역통과 여파기와 대역저지 여파기를 하나의 구조로 합성하여 크기 증가 없이 초광대역 특성을 가지면서 Wireless-LAN 대역을 저지하는 대역통과 여파기를 설계, 구현하였다. 대역저지 특성을 얻으면서도 여파기의 크기증가가 없어야 하기 때문에 전송선에 내장된 형태의 오픈 스텐브를 사용하였다. 그리고 저역 통과 특성을 얻기 위하여 접지 면에 식각할 수 있는 DGS(Defected Ground Structure) 구조를 이용하였다. 기존의 대역통과 여파기와 저역통과 여파기를 직접 연결하였을 때 보다 크기를 줄일 수 있었다. 측정결과 통과대역은 2.21GHz~10.92GHz 이고 삽입손실은 최대 0.7dB, 반사손실은 최소 17dB, 군 지연 변화폭은 0.22ns였으며 5.3GHz~5.7GHz 의 저지대역을 형성하였다.

Abstract

In this paper, we present a compact Ultra-Wideband band-pass filter with notched band at Wireless-LAN band using a band-pass and band-notch filter. The structure of our proposed band-pass filter is very simple, and the DGS(Defected Ground Structure) structure is used to get the low-pass filter characteristic, and an embedded open-stub structure is used to get the notched filter. Our proposed band-pass filter can be much smaller than a cascaded filter. As a result of measurement, the insertion loss is less than 0.7dB throughout the pass-band of 2.21GHz~10.92GHz, the return loss is more than 17dB and the group delay maximum variation is 0.24ns and a notched band is at 5.3GHz~5.7GHz.

Keywords : UWB, band-pass filter, notched filter, DGS

I. 서 론

2002년 2월 미국의 FCC에서 민간에게 허용한 3.1GHz~10.6GHz까지의 주파수 영역은 많은 연구가 이루어지고 있다^[1]. 특히 초광대역 여파기는 초광대역 통신에서 없어서는 안 되는 매우 핵심 부품이다.

초광대역 대역통과 여파기의 경우 낮은 삽입손실과 높은 반사손실을 가져야 한다. 또한 Wireless-LAN대역인 5.8GHz 대역에서 주파수의 중첩을 피해야 한다. 먼저 초광대역의 넓은 통과대역을 가지기 위하여 커플링 구조^[2], CPW 구조^[3]등 다양한 형태의 연구들이 이루어지고 있다. 여파기의 경우 낮은 삽입손실과 높은

반사손실을 가져야 한다. 또한 Wireless-LAN대역인 5.8GHz 대역에서 주파수의 중첩을 피해야 한다. 먼저 초광대역의 넓은 통과대역을 가지기 위하여 커플링 구조^[2], CPW 구조^[3]등 다양한 형태의 연구들이 이루어지고 있다. 그러나 이러한 형태는 넓은 통과 대역을 갖는 대신 10.6GHz 이후의 차단대역에서 주파수의 주기성으로 인하여 넓은 저지대역을 갖지 못한다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 고역통과 여파기와 저역통과 여파기를 직접 연결한 형태^[4]의 여파기도 많은 연구가 이루어지고 있다. 그러나 이러한 형태의 구조는 그 크기가 상대적으로 커지는 단점이 있다. 이러한 문제들을 해결하기 위해서 본 논문은 고역통과 여파기와 저역통과 여파기를 하나의 구조로 합성한 구조를 사용하였으며 여파기의 크기 증가 없이 저역통과 특성을 얻기 위하여 DGS(Defected Ground Structure)구조를 사용하였

* 정희원, ** 평생회원, 숭실대학교
(School of Electronic Eng., Soongsil University)
접수일자: 2009년7월28일, 수정완료일: 2009년9월14일

다^[5]. 또한 Wireless-LAN 대역에서 저지대역 특성을 얻으면서도 크기 증가가 없는 내장된 형태의 오픈 스테르브를 사용하여 대역저지 여파기를 구현하였다^[6]. 설계에 사용된 기판은 비유전율 3.2인 타코닉 사의 TLC-32 기판이다.

제안하는 여파기의 설계를 위한 본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 대역통과 여파기를 설계하고 III장에서는 대역 저지 여파기를 설계한다. 그리고 IV장에서 저지대역을 가지는 초광대역 대역통과 여파기를 설계 및 제작하고 마지막으로 V장은 본 논문의 결론을 이야기 한다.

II. 대역통과 여파기

본 논문에서 제안한 대역통과 여파기는 저지대역이 없는 대역통과 여파기에 Wireless-LAN 대역을 저지하는 대역저지 여파기의 합성으로 이루어져 있다. 이번 장에서는 먼저 저지대역이 없는 대역통과 여파기를 설계한다.

본 논문에서 사용하는 초광대역 대역통과 여파기는 고역통과 여파기와 저역통과 여파기를 하나의 구조로

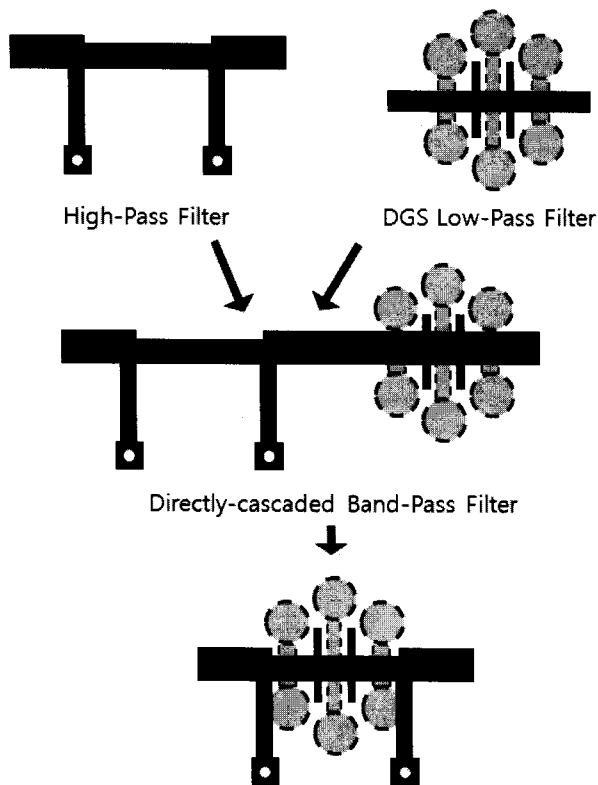


그림 1. 초광대역 대역통과 여파기의 구조
Fig. 1. Architecture of ultra-wideband band-pass filter.

합성하여 크기의 증가 없이도 초광대역 통신에서 사용할 수 있는 특징이 있다. 일반적으로 대역통과 여파기의 특징을 얻기 가장 쉬운 방식은 그림 1과 같이 고역통과 여파기와 저역통과 여파기를 직접 연결하는 것이다. 이러한 방식은 전체적인 여파기의 크기가 커지는 단점이 있다. 그래서 본 논문에서는 참고문헌 [5]에서 설계한 형태인 고역통과 여파기와 저역통과 여파기를 하나의 구조로 합성한 대역통과 여파기를 사용하였다.

그림 1에서 고역통과 여파기는 $\lambda/4$ 길이의 단락된 병렬 스테르브 두 개를 $\lambda/2$ 길이로 연결된 구조이다. 고역통과 여파기는 구조가 간단하고 소형인 점이 있는 동시에 매우 작은 군 지연 변화폭을 갖는다.

다음은 저역통과 여파기를 설계하였다. 저역통과 여파기는 그림 1과 같이 DGS구조로 설계하였다. DGS 구조는 접지 면에 식각하기 때문에 여파기의 크기를 증가시키지 않고도 저역통과 여파기를 설계할 수 있는 장점이 있다. 본 논문에서는 일반적인 아령 형태의 DGS구조를 다단으로 구성하였으며 오픈 스테르브를 추가하여 성능을 향상시켰다^[5].

그림 2는 고역통과 여파기와 저역통과 여파기의 모의실험 결과이다. 먼저 고역통과 여파기의 통과대역 2.1GHz~10.9GHz까지의 통과 대역을 가진다. 그리고 DGS형태의 저역통과 여파기는 10.6GHz에서 차단주파수를 형성하였다. 두 여파기 모두 삽입손실 최대 0.3dB 이하 그리고 반사손실은 최소 25dB 이상으로 측정되었다. 고역통과 여파기는 단락된 병렬 스테르브의 길이를 변경함으로써 통과 대역을 조절할 수 있다. 그리고 DGS구조의 저역통과 여파기는 식각되는 원의 면적을

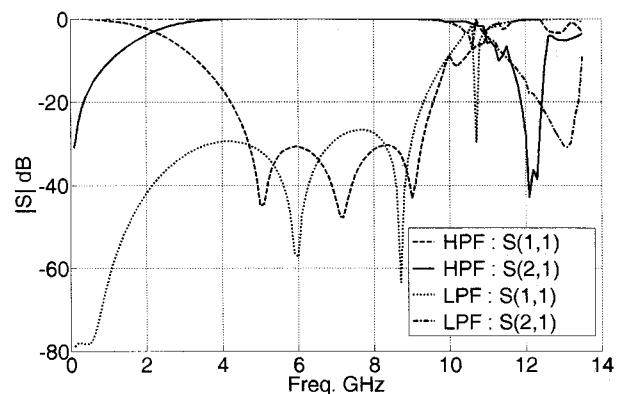


그림 2. 고역통과 여파기와 저역통과 여파기의 모의실험 결과
Fig. 2. Simulation results of a high-pass filter and a low-pass filter of a DGS structure.

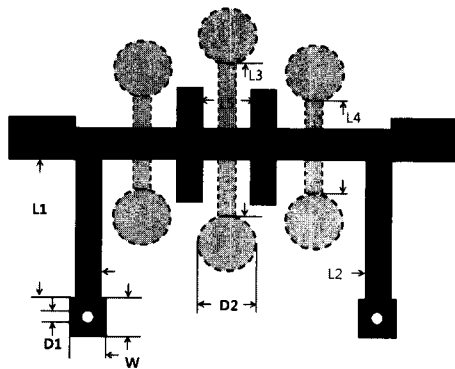


그림 3. 초광대역 대역통과 여파기의 구조
Fig. 3. A structure of a UWB band-pass filter.

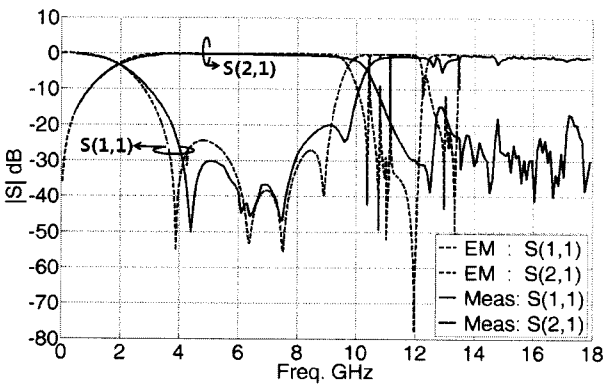


그림 4. 초광대역 대역통과 여파기의 모의실험 결과와 측정 결과
Fig. 4. S-parameters of EM-simulation and measurement for Ultra-wideband band-pass filter.

변경함으로써 차단주파수를 조정할 수 있다. 이렇게 설계된 두 종류의 여파기를 하나의 구조로 합성하여 그림 3과 같은 구조로 설계하였다. 측정결과 -3dB 기준 2.1GHz~10.56GHz의 통과 대역과 통과 대역 내에서 최대 0.5dB의 낮은 삽입손실 그리고 20dB 이상의 반사손실을 확인하였으며 차단주파수 이후 넓은 저지대역을 형성하는 것을 확인하였다. 모의실험 결과와 측정 결과의 차이는 제작상의 오류 때문인 것으로 생각되어지며 최적화 과정을 거쳐 최종적으로 제작한 여파기의 실험 결과는 그림 4와 같다.

III. 대역 저지 여파기

본 논문에서는 Wireless-LAN영역에서 저지대역을 형성하기 위하여 내장된 형태의 오픈 스텐브를 이용하여 제작하였다. 어느 특정 주파수를 차단하기 위한 가장 보편적인 방법은 그림 5와 같은 $\lambda/4$ 길이를 가지는

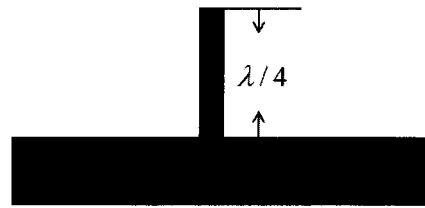


그림 5. 일반적인 오픈 스텐브
Fig. 5. General open-stub.

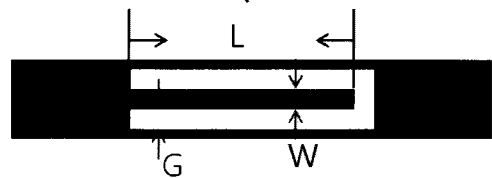


그림 6. 내장된 형태의 오픈 스텐브.
Fig. 6. Embedded open-stub.

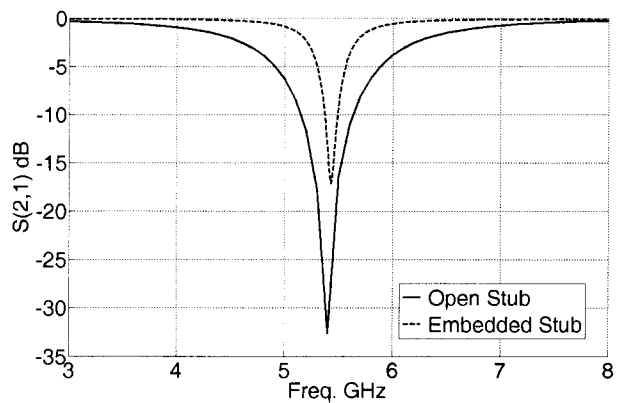


그림 7. 일반적인 오픈스텐브와 내장된 형태의 오픈 스텐브의 S(2,1)
Fig. 7. S(2,1) of the general open-stub and Embedded open-stub.

오픈 스텐브를 사용하는 방법이 있다. 그러나 이러한 방법은 여파기의 크기를 증가시키고 차단 대역폭이 넓은 단점이 있다. 차단 대역폭을 좁게 하기 위해서는 스텐브의 임피던스가 높아야 하는데 이는 애칭의 한계로 인하여 120Ω 이상 제작하기 어렵다. 이러한 단점을 해결하기 위해서 그림 6과 같은 구조의 전송선에 내장된 형태의 오픈 스텐브를 사용하였다^[6].

우선 일반적 형태의 오픈 스텐브와 내장된 형태의 오픈 스텐브의 주파수 응답특성을 모의실험 하였으며 그 결과는 그림 7과 같이 내장된 형태의 오픈 스텐브가 좀 더 협대역의 특징을 갖는 것을 알 수 있다. 이것은 높은 임피던스를 갖는다는 것을 의미한다.

저지하고자 하는 주파수는 그림 8과 같이 내장된 스텐브의 길이를 변경함으로써 조정 가능하며 차단 대역

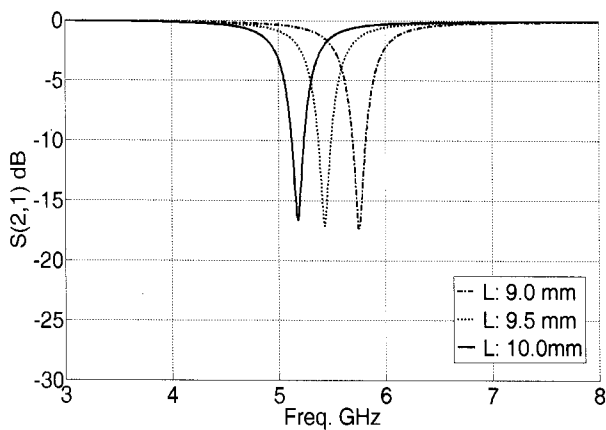


그림 8. 내장된 스텐브의 길이(L) 변화에 따른 S(2,1)
 Fig. 8. S(2,1) with variation of length in Embedded open-stub.

폭은 전송선과 스텐브 사이의 간격(G)를 변경함으로써 조정 가능하며 내장된 스텐브의 길이를 변화시킴으로써 차단 주파수를 조정할 수 있다. 본 논문에서는 Wireless-LAN 대역을 저지하고 애칭의 한계를 고려하여 스텐브의 길이(L)는 9mm 그리고 전송선과의 간격(G)는 0.3mm 로 결정하였다.

IV. 저지대역을 갖는 대역통과 여파기

앞 장에서 설계한 대역통과 여파기와 대역저지 여파기를 합성하여 여파기의 크기 증가 없이 Wireless-LAN 대역을 저지 하는 대역통과 여파기를 설계하였다. 합성된 여파기의 구조는 그림 9와 같다.

여파기의 초기 모델의 모의실험결과는 그림 10과 같으며 2.4GHz~9.1GHz의 통과대역과 5.2GHz에서 16dB

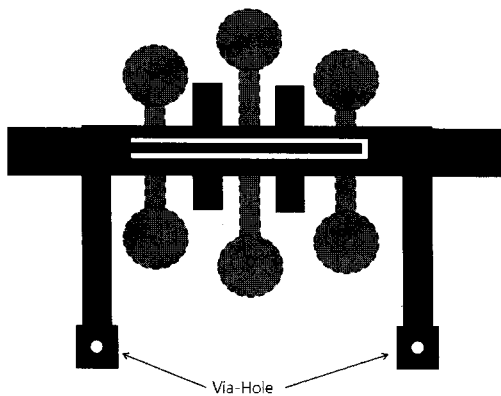


그림 9. 저지대역이 있는 초과대역 대역통과 여파기의 구조
 Fig. 9. Structure of ultra-wideband band-pass filter with notched band.

의 저지대역을 형성되었다. 또한 차단주파수 이후 대역에서 넓은 저지대역이 형성됨을 확인하였다.

최적화 과정을 거쳐서 최종적으로 제작된 여파기는 그림 11과 같다. 여파기의 전체 크기는 16mm*16mm로 초기 고역 통과 여파기의 크기와 동일한 크기이다.

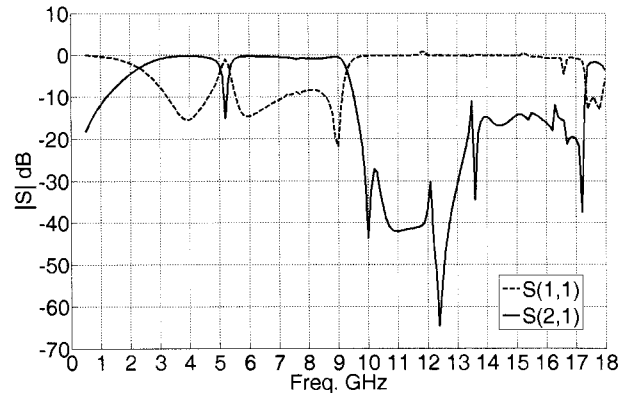


그림 10. 초기 모델의 모의실험 결과
 Fig. 10. Simulation results of prototype.

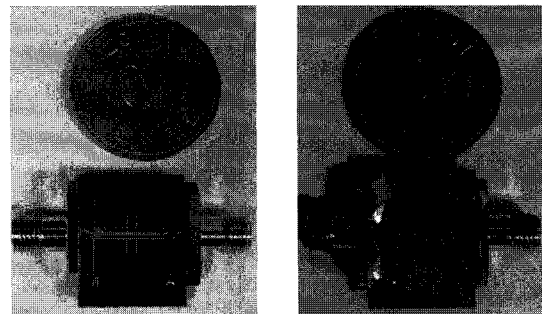


그림 11. 제작된 초과대역 여파기: (a)윗면, (b)아랫면
 Fig. 11. Fabricated ultra-wideband filter: (a) top view (b) bottom view

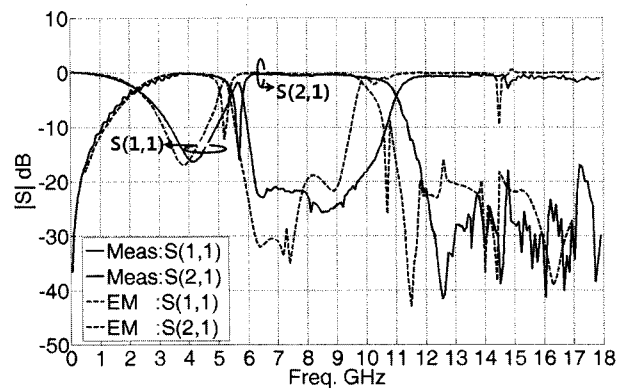


그림 12. 저지대역이 있는 초과대역 대역통과 여파기의 모의실험과 측정 결과
 Fig. 12. Simulation and measurement results of a ultra-wideband band-pass filter with notched band.

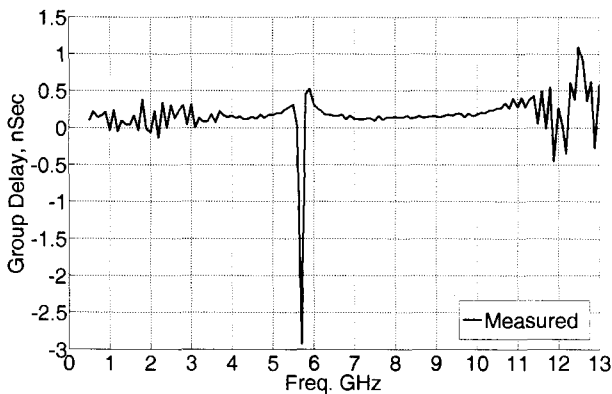


그림 13. 제안한 여파기의 군 지연 특성
Fig. 13. Group delay characteristic of a proposed a ultra-wideband band-pass filter.

그림 12는 제작한 여파기의 측정 결과와 모의실험 결과이다. 측정 결과 10.9GHz에서 차단 주파수를 형성하였으며 Wireless-LAN 대역인 5.3GHz~5.8GHz에서 주파수 저지 특성이 나타남을 알 수 있다. 저지대역 기준 앞쪽 영역(2.21GHz~5.8GHz)에서의 삽입손실은 0.3dB, 반사손실은 17dB로 측정되었으며 저지대역 이후의 영역(5.8GHz~10.9GHz)에서는 0.7dB의 삽입손실과 21dB 이상의 반사손실을 확인하였다. 그리고 차단 주파수 이후 대역에서 넓은 저지특성을 확인하였다. 그리고 그림 13은 제작된 여파기의 군 지연 특성을 보여준다. 측정 결과 통과대역 안에서 0.14ns~0.36ns로 최대 변화폭 0.22ns로 매우 평탄한 특성을 보이고 있다.

표 1은 본 논문을 작성하면서 참고한 문헌들과의 성능 비교를 통하여 본 논문에서 제안한 여파기의 우수성을 보였다. 본 논문에서 제안한 여파기의 면적이 참고 문헌의 논문들 보다 최소 1/4 크기로 매우 작은 장점이 있으며 가장 작은 군 지연 변화율을 확인할 수 있다. 또한 가장 작은 삽입손실과 우수한 반사손실 특성을 확인할 수 있다.

표 1. 성능 비교
Table 1. Performance comparison.

Ref.	Ours	[6]	[7]	[8]
통과대역(GHz)	2.2~10.92	3.1~10.1	2.8~9.8	2.1~10.15
저지 대역 앞쪽 반사손실 (dB)	18	9	26	15
저지 대역 앞쪽 삽입손실 (dB)	0.4	0.7	2	Nan
저지 대역 뒤쪽 반사손실 (dB)	21	10.5	12.5	10.5
저지 대역 뒤쪽 삽입손실 (dB)	0.7	0.7	2	Nan
저지 대역 삽입 손실 (dB)	16	23	10	48
군 지연 변화 (ns)	0.22	0.5	0.4	0.7
크기 (가로*세로)(mm)	16*16	30*30	50*50	30*30

참고 문헌

- [1] FCC Notice of Proposed Rule Making, "Revision of Part 15 of the Commission's Rules Regarding Ultra-Wideband Transmission System", *ET-Docket*, pp. 98-153, 2002.
- [2] Lei Zhu, Sheng Sun, and Wolfgang Menze, "Ultra-Wideband (UWB) Bandpass Filters Using Multiple-Mode Resonator", *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, Vol. 15, No. 11, pp. 1~3, November 2005.
- [3] Jing Gao, Lei Zhu, Wolfgang Menzel, and Frank Bogelsack, "Short-Circuited CPW Multiple-Mode Resonator for Ultra-Wideband (UWB) Bandpass Filter", *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, Vol. 16, No. 3, pp. 1~3, March 2006.
- [4] Ching-Wen Tang, Member, and Ming-Guang Chen, "A Microstrip Ultra-Wideband Bandpass Filter With Cascaded Broadband Bandpass and Bandstop Filters", *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, Vol. 55, No. 11, pp. 2412~2418, November 2007.
- [5] 정승백, 양승인, "DGS구조를 이용한 초광대역 대역통과 여파기", *대한전자공학회논문지*, 제46권, 제 5호, 162-167쪽, 2009년 5월
- [6] Hussein Shaman, Jia-Sheng Hong, "Ultra-Wideband(UWB) Bandpass Filter With Embedded Band Notch Structures", *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, Vol. 17, No. 3, pp. 193-195, Mar. 2007.
- [7] 노양운, 홍석진, 정경호, 정지학, 최재훈, "UWB용 대역 저지 필터 설계", *한국전자과학회논문지*, 제 17권, 제2호, 89-94쪽, 2006년 2월
- [8] 노진원, 황희용, "저지대역을 갖는 UWB용 CPW 대역통과 여파기의 설계", *한국전자과학회논문지*, 제 18권, 제7호, 704-709쪽, 2007년 7월

저 자 소 개



정 승 백(정회원)
 2002년 2월 한라대학교 컴퓨터
 공학과 졸업(공학사)
 2002년 3월~2004년 2월 숭실대학교
 산업기술정보통신대학원
 정보통신공학과 공학석사
 2004년 8월~2009년 8월 숭실대학교
 전자공학과 공학박사

<주관심분야 : 초고주파 회로설계, 초광대역 여파
 기설계등>



양 승 인(평생회원)
 1974년 2월 서울대학교
 전기공학과 공학사
 1976년 2월 한국과학기술원
 전기공학과 공학석사
 1987년 8월 한국과학기술원 전기
 및 전자공학과 공학박사
 1978년~현재 숭실대학교 정보통신전자공학
 부교수

2004년 1월~2005년 12월 한국전자과학회 회장
 <주관심분야 : 초고주파 회로 설계, 고이득 안테
 나, 전자파 산란, 매타물질 >